

Unifikacja Oddziaływań Fundamentalnych w Teorii Generowanej Przestrzeni

Mateusz Serafin

Polska, Kraków

1 czerwca 2025

Streszczenie

Niniejsza praca przedstawia rozszerzony zarys Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST), skupiając się na jej zdolności do **kompleksowej unifikacji wszystkich czterech fundamentalnych oddziaływań**: grawitacyjnego, elektromagnetycznego, słabego i silnego. Opierając się na fundamentalnym założeniu, że **przestrzeń jest emergentnym bytem dynamicznym, generowanym bezpośrednio przez masę/energię**, TGP-ST wprowadza pole skalarne Φ jako unifikator. Pokazujemy, jak wszystkie kluczowe stałe fizyczne – prędkość światła (c), stała Plancka (\hbar), stała grawitacji (G), a także ładunek elementarny (e) – stają się dynamicznymi polami zależnymi od lokalnej wartości Φ , zachowując przy tym stałość długości Plancka (ℓ_P) oraz stałą struktury subtelnej (α).

Przedstawiamy zmodyfikowany Lagrangian Modelu Standardowego, uwzględniający bezpośrednie sprzężenia pól elektroslabych i silnych z polem Φ , a także reinterpretujemy mechanizm nadawania mas. Wyjaśniamy, jak TGP-ST oferuje nowe spojrzenie na pochodzenie mas cząstek elementarnych jako oporu stawianego przez generowaną przestrzeń oraz jak skutkuje to zmiennością mas cząstek (w tym hadronów) w zależności od Φ . Analizujemy, jak to podejście wpływa na kosmologię, w tym na efektywność tworzenia masy we wczesnym Wszechświecie. Praca przedstawia również szczegółową analizę zależności stałych sprzężeń wszystkich oddziaływań od pola Φ , prowadząc do dynamicznych skal unifikacji. Konsekwencje te generują szereg testowalnych przewidywań, od anomalii w widmach atomowych w ekstremalnych polach grawitacyjnych, po modyfikacje procesów nukleosyntezy Wielkiego Wybuchu, oferując nowe perspektywy dla przyszłych badań astrofizycznych i laboratoryjnych.

Keywords: Teoria Generowanej Przestrzeni; Unifikacja Fundamentalnych Oddziaływań; Grawitacja Kwantowa; Pole Higgsa; Zmienne Stałe Fundamentalne; Kosmologia Wczesnego Wszechświata.

1 Wprowadzenie

Współczesna fizyka stoi przed fundamentalnym wyzwaniem unifikacji czterech oddziaływań fundamentalnych: grawitacyjnego, elektromagnetycznego, słabego i silnego. Mimo spektakularnych sukcesów, takich jak Ogólna Teoria Względności (OTW) Einsteina, precyzyjnie opisująca grawitację na makroskopowych skalach, oraz Model Standardowy fizyki cząstek elementarnych, który z niezrównaną dokładnością opisuje pozostałe trzy oddziaływania w mikroświecie, brakuje spójnej ramy łączącej je wszystkie. Ta fragmentacja jest szczególnie widoczna w ekstremalnych warunkach, gdzie efekty grawitacyjne i kwantowe stają się równie istotne, prowadząc do nierozwiązanych problemów, takich jak osobliwości w czarnych dziurach, zagadka ciemnej energii czy brak spójnej kwantowej teorii grawitacji.

Poszukiwania "Wielkiej Teorii Wszystkiego", która scalilaby wszystkie siły fundamentalne, trwają od dziesięcioleci, generując wiele obiecujących, lecz wciąż niepełnych podejść. Niniejszy artykuł przedstawia rozszerzony zarys **Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST)**, nowatorskiego podejścia, które proponuje fundamentalną zmianę paradygmatu w rozumieniu natury czasoprzestrzeni i jej związku z materią. W przeciwieństwie do tradycyjnych modeli, gdzie czasoprzestrzeń jest pasywnym tłem, TGP-ST postuluje, że **przestrzeń jest dynamicznym bytem emergentnym, generowanym bezpośrednio przez obecność masy i energii**. To oznacza, że istnienie przestrzeni jest nierozzerwalnie związane z obecnością materii, a koncepcja "próżni" w tradycyjnym sensie zanika.

W ramach TGP-ST wprowadzamy pole skalarne Φ , które opisuje "gęstość" lub "napięcie" generowanej przestrzeni. Jak pokazano w poprzedniej pracy [1], to pole Φ jest kluczowe dla dynamicznej natury fundamentalnych stałych fizycznych: prędkości światła (c), stałej Plancka (\hbar) i stałej grawitacji (G). Niniejszy artykuł rozszerza te fundamenty, koncentrując się na **kompleksowej unifikacji wszystkich czterech oddziaływań fundamentalnych** poprzez ich bezpośrednią zależność od dynamicznego pola Φ . Zbadamy, jak ta zależność integruje oddziaływania silne i słabe z grawitacją i elektromagnetyzmem, reinterpreterując mechanizmy nadawania mas cząstkom elementarnym i prowadząc do dynamicznych skal unifikacji.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie spójnego formalizmu TGP-ST w kontekście unifikacji, ukazanie jego zdolności do oferowania nowych perspektyw na nierozwiązane problemy fizyki (np. pochodzenie masy, efektywność energetyczna Wielkiego Wybuchu, a także potencjalne wyjaśnienie problemu ciemnej materii) oraz zidentyfikowanie konkretnych, testowalnych przewidywań wynikających z tej unifikacji.

Struktura artykułu jest następująca: w Sekcji 2 przypominamy podstawowe założenia i skalowania TGP-ST. Sekcja ?? szczegółowo omawia interakcję pola Higgsa z polem Φ i reinterpreteruje pochodzenie mas cząstek. W Sekcji ?? przedstawiamy unifikację wszystkich czterech oddziaływań funda-

mentalnych i analizujemy ich dynamiczne stałe sprzężeń. Sekcja ?? dyskutuje kluczowe konsekwencje fizyczne, w tym nowe spojrzenie na kosmologię wczesnego Wszechświata. W Sekcji ?? prezentujemy testowalne przewidywania, a w Sekcji 7 omawiamy otwarte kwestie i kierunki dalszych badań.

2 Podstawy Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST) - Wzorce Skalowania

Teoria Generowanej Przestrzeni (TGP-ST), szczegółowo przedstawiona w [1], opiera się na fundamentalnej zmianie paradygmatu: czasoprzestrzeń nie jest pasywnym tłem, lecz **dynamicznym bytem emergentnym, generowanym bezpośrednio przez obecność masy i energii**. W TGP-ST, pole skalarne Φ jest fundamentalnym nośnikiem "gęstości" lub "napięcia" generowanej przestrzeni. Koncepcja "próżni" jako pustej przestrzeni zostaje odrzucona; zamiast tego, Wszechświat jest postrzegany jako sieć dynamicznie generowanej przestrzeni, której nawet pozornie puste obszary wypełnione są kwantowymi fluktuacjami pola Φ .

To fundamentalne założenie ma bezpośrednie konsekwencje dla natury oddziaływań i mas. Przede wszystkim, TGP-ST postuluje, że wszystkie fundamentalne stałe fizyczne – prędkość światła (c), stała Plancka (\hbar), stała grawitacji (G), a także ładunek elementarny (e) – nie są uniwersalnymi stałymi, lecz **dynamicznymi polami zależnymi od lokalnej "gęstości" generowanej przestrzeni, czyli od pola Φ** . Wartości tych stałych, obserwowane w naszej lokalnej próżni ($\Phi = \Phi_0$), służą jako punkty odniesienia dla ich dynamicznej zmienności. Dla uproszczenia notacji, normalizujemy wartość próżniową pola Φ_0 do jedności ($\Phi_0 = 1$), tak że $\tilde{\Phi} = \Phi/\Phi_0$.

Kluczowe zależności dynamicznych stałych od pola Φ są następujące:

1. **Prędkość Światła ($c(\Phi)$):** Wyprowadzona z modyfikacji działania elektromagnetyzmu poprzez funkcję sprzęgającą $Z(\Phi) = \Phi/\Phi_0$:

$$c(\Phi) = c_0 \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} = \frac{c_0}{\sqrt{\tilde{\Phi}}} \quad (1)$$

Oznacza to, że $c(\Phi)$ maleje, gdy "gęstość" przestrzeni Φ rośnie.

2. **Stała Plancka ($\hbar(\Phi)$):** Proponowana zależność, analogiczna do prędkości światła, zapewnia tłumienie efektów kwantowych w silnych polach:

$$\hbar(\Phi) = \hbar_0 \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} = \frac{\hbar_0}{\sqrt{\tilde{\Phi}}} \quad (2)$$

W konsekwencji, $\hbar(\Phi)$ maleje, gdy Φ rośnie.

3. **Stała Grawitacji ($G(\Phi)$):** Wyprowadzona z warunku stałości długości Plancka ($\ell_P = \sqrt{\hbar G/c^3}$), $G(\Phi)$ również staje się dynamiczna:

$$G(\Phi) = G_0 \frac{\Phi_0}{\Phi} = \frac{G_0}{\tilde{\Phi}} \quad (3)$$

Zauważmy, że $G(\Phi)$ maleje, gdy Φ rośnie.

4. **Ładunek Elementarny ($e(\Phi)$):** Aby zapewnić stałość bezwymiarowej stałej struktury subtelnej ($\alpha = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c)$) w obliczu zmiennych $\hbar(\Phi)$ i $c(\Phi)$, ładunek elementarny musi również być dynamiczny:

$$e(\Phi) = e_0 \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} = \frac{e_0}{\sqrt{\tilde{\Phi}}} \quad (4)$$

Dzięki temu $\alpha(\Phi) = \alpha_0 = \text{stała}$. Oznacza to, że $e(\Phi)$ maleje, gdy Φ rośnie.

To podejście zapewnia wewnętrzną spójność teorii, gdzie fundamentalna skala kwantowej grawitacji (ℓ_P) pozostaje niezmienna pomimo dynamicznej natury jej składowych. W dalszych sekcjach zbadamy, jak te wzorce skalowania rozciągają się na pozostałe oddziaływania Modelu Standardowego i reinterpreterują mechanizm nadawania mas.

3 Mechanizm Higgsa w Kontekście TGP-ST

W Modelu Standardowym (MS) fizyki cząstek elementarnych, pole Higgsa odgrywa fundamentalną rolę w nadawaniu mas cząstkom. Jednak w Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST), z jej fundamentalnym założeniem o pochodzeniu masy jako "oporu" generowanej przestrzeni (Sekcja ??), tradycyjny mechanizm Higgsa wymaga reinterpretacji. TGP-ST proponuje integrację pola Higgsa z dynamicznym polem Φ , co prowadzi do dynamicznych mas cząstek i harmonizuje teorie.

3.1 Pochodzenie Masy w TGP-ST i Rola Pola Higgsa

W TGP-ST, masa bezwładna cząstki jest interpretowana jako inherentny "opór" lub "napiecie" stawiane przez generowaną przez nią samą przestrzeń podczas jej ruchu. Ten mechanizm jest fundamentalny dla wszystkich cząstek posiadających masę. W tym kontekście, pole Higgsa (ϕ_H) nie jest wyłącznym źródłem masy, lecz jego interakcja z polem Φ modyfikuje jego właściwości, prowadząc do dynamicznych mas cząstek elementarnych.

Lagrangian pola Higgsa w MS jest dany jako $\mathcal{L}_H = (D_\mu \phi_H)^\dagger (D^\mu \phi_H) - V(\phi_H)$, gdzie $V(\phi_H) = \mu^2(\phi_H^\dagger \phi_H) + \lambda(\phi_H^\dagger \phi_H)^2$. W TGP-ST, wprowadzamy bezpośrednie sprzężenie pola Φ z potencjałem Higgsa:

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = g' \Phi (\phi_H^\dagger \phi_H) + \kappa \Phi^2 (\phi_H^\dagger \phi_H) \quad (5)$$

gdzie g' i κ są stałymi sprzężenia. Człon liniowy ($g'\Phi$) może dominować przy niskich wartościach Φ (niskie energie), natomiast człon kwadratowy ($\kappa\Phi^2$) zapewnia stabilność i właściwe zachowanie potencjału przy wysokich wartościach Φ (wysokie energie/gęstość przestrzeni).

Zmodyfikowany potencjał Higgsa w TGP-ST przyjmuje zatem formę:

$$V(\phi_H, \Phi) = (\mu^2 + g'\Phi + \kappa\Phi^2) (\phi_H^\dagger \phi_H) + \lambda(\phi_H^\dagger \phi_H)^2 \quad (6)$$

W konsekwencji, wartość oczekiwana w próżni (VEV) pola Higgsa staje się dynamicznym polem zależnym od Φ :

$$v(\Phi) = \sqrt{\frac{-(\mu^2 + g'\Phi + \kappa\Phi^2)}{\lambda}} \quad (7)$$

Zauważmy, że dla $v(\Phi)$ do istnienia, wyrażenie pod pierwiastkiem musi być nieujemne. Analizując zachowanie dla dużych Φ (tj. $\Phi \gg \Phi_0$, gdzie $\tilde{\Phi} \gg 1$), człon $\kappa\Phi^2$ dominuje. Aby $v(\Phi)$ było rzeczywiste dla dużych Φ , κ musi być ujemne ($\kappa < 0$). Wówczas $v(\Phi) \propto \Phi$, a dokładnie $v(\Phi) \approx \sqrt{-\kappa/\lambda} \cdot \Phi$.

3.2 Dynamiczne Masy Cząstek Elementarnych

Ponieważ masy cząstek elementarnych (zarówno fermionów, jak i bozonów W i Z) są proporcjonalne do VEV pola Higgsa ($m_f = y_f v$, $M_W \propto v$, $M_Z \propto v$), stają się one również dynamicznymi polami zależnymi od Φ .

3.2.1 Masy Fermionów

Aby masy fermionów ($m_f(\Phi)$) skalowały się w pożądaný sposób – malejąco z Φ (np. $m_f(\Phi) \propto \Phi^{-1/2}$ dla dużych Φ , co jest spójne z $\hbar(\Phi)$ i $c(\Phi)$), sprzężenia Yukawy (y_f) również muszą być dynamiczne:

$$y_f(\Phi) = y_{f,0} \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right)^{-3/2} = y_{f,0} (\tilde{\Phi})^{-3/2} \quad (8)$$

gdzie $y_{f,0}$ to bazowa stała sprzężenia Yukawy. To zapewnia, że:

$$m_f(\Phi) = y_f(\Phi)v(\Phi) \propto (\tilde{\Phi})^{-3/2} \cdot \tilde{\Phi} = (\tilde{\Phi})^{-1/2} = \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} \quad (9)$$

Oznacza to, że masy leptonów (np. elektronu) maleją wraz ze wzrostem Φ .

3.2.2 Masy Hadronów i Skala QCD

Masy hadronów (np. protonu, neutronu) wynikają głównie z dynamicznej skali chromodynamiki kwantowej (QCD), Λ_{QCD} , a nie bezpośrednio z VEV

Higgsa. Zgodnie z TGP-ST, Λ_{QCD} również jest dynamiczną wielkością zależną od pola Φ :

$$\Lambda_{\text{QCD}}(\Phi) = \Lambda_0 \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right)^{-1/4} = \Lambda_0(\tilde{\Phi})^{-1/4} \quad (10)$$

gdzie Λ_0 jest obecną wartością skali QCD. Ponieważ masy hadronów są proporcjonalne do Λ_{QCD} ($m_p \propto \Lambda_{\text{QCD}}$), to ich masy również maleją wraz ze wzrostem Φ , ale wolniej niż masy leptonów: $m_p(\Phi) \propto (\tilde{\Phi})^{-1/4}$.

3.2.3 Konsekwencje dla Stosunku Mas i Siły Słabych Oddziaływań

Dynamiczny charakter mas cząstek prowadzi do zmienności ich stosunków, co jest kluczowe dla testów.

- **Stosunek mas elektron-proton:** $\frac{m_e(\Phi)}{m_p(\Phi)} \propto \frac{(\Phi_0/\Phi)^{1/2}}{(\Phi_0/\Phi)^{1/4}} = \left(\frac{\Phi_0}{\Phi}\right)^{1/4}$. Oznacza to, że stosunek m_e/m_p rośnie, gdy Φ rośnie (czyli w silnych polach grawitacyjnych, we wczesnym Wszechświecie), ponieważ elektron staje się "lżejszy" szybciej niż proton.
- **Stała Fermiego (G_F):** Jest ona związana z masami bozonów W i Z, $G_F \propto 1/M_W^2$, a $M_W \propto v(\Phi)$. Jeśli $v(\Phi) \propto \Phi$, to $G_F(\Phi) \propto 1/v(\Phi)^2 \propto \Phi^{-2}$. Zatem stała Fermiego maleje wraz ze wzrostem Φ , co oznacza, że oddziaływania słabe stają się słabsze w gęstszej przestrzeni.

4 Unifikacja Wszystkich Oddziaływań Fundamentalnych

Teoria Generowanej Przestrzeni (TGP-ST) proponuje kompleksową unifikację wszystkich czterech fundamentalnych oddziaływań poprzez ich bezpośrednią zależność od dynamicznego pola skalarnego Φ . Kluczem do tej unifikacji jest traktowanie Φ jako fundamentalnego pola, które nie tylko generuje czasoprzestrzeń, ale także moduluje parametry i siły wszystkich oddziaływań fundamentalnych. Pełny Lagrangian teorii obejmuje wszystkie te sprzężenia, integrując dynamiczną grawitację z Modelami Standardowymi oddziaływań elektroślabyh i silnych.

4.1 Pełny Lagrangian Unifikujący TGP-ST

Całkowity Lagrangian TGP-ST, obejmujący wszystkie oddziaływania fundamentalne, ma postać:

$$\mathcal{L}_{\text{TGP-Total}} = \mathcal{L}_{\text{grav}} + \mathcal{L}_{\text{EW}} + \mathcal{L}_{\text{QCD}} + \mathcal{L}_{\text{Yukawa}} \quad (11)$$

gdzie poszczególne człony zawierają następujące zależności od pola Φ :

4.1.1 Człon Grawitacyjny ($\mathcal{L}_{\text{grav}}$)

Opisuje dynamiczną grawitację w TGP-ST, w której stała grawitacji G zależy od pola Φ :

$$\mathcal{L}_{\text{grav}} = \sqrt{-g} \left[\frac{1}{16\pi G(\Phi)} R + \frac{1}{2} g^{\mu\nu} (\partial_\mu \Phi)(\partial_\nu \Phi) - V(\Phi) \right] \quad (12)$$

gdzie $G(\Phi) = G_0(\Phi_0/\Phi)$, zgodnie z wyprowadzeniem w Sekcji 2.

4.1.2 Oddziaływanie Elektrosłabe (\mathcal{L}_{EW})

Sprzężenie pola Φ z sektorem elektrosłabym obejmuje modyfikację członu kinetycznego pola elektromagnetycznego oraz potencjału Higgsa. Ładunek elementarny $e(\Phi)$ oraz prędkość światła $c(\Phi)$ są dynamiczne:

$$\mathcal{L}_{\text{EW}} = \sqrt{-g} \left[-\frac{1}{4} Z(\Phi) F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + |D_\mu \phi_H|^2 - V(\phi_H, \Phi) \right] \quad (13)$$

gdzie $Z(\Phi) = \Phi/\Phi_0$, a $V(\phi_H, \Phi) = (\mu^2 + g'\Phi + \kappa\Phi^2) (\phi_H^\dagger \phi_H) + \lambda(\phi_H^\dagger \phi_H)^2$. Dynamiczne zależności $c(\Phi)$ i $e(\Phi)$ zapewniają stałość stałej struktury subtelnej $\alpha = \alpha_0$.

4.1.3 Oddziaływanie Silne (QCD - \mathcal{L}_{QCD})

Stała sprzężenia silnego (α_s) również staje się zależna od pola Φ . Modyfikujemy człon kinetyczny pola gluonowego, co wpływa na efektywną siłę oddziaływania silnego:

$$\mathcal{L}_{\text{QCD}} = \sqrt{-g} \left[-\frac{1}{4} G_{\mu\nu}^a G^{a\mu\nu} \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} + \sum_q \bar{q} i \gamma^\mu D_\mu q \right] \quad (14)$$

Człon $\left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2}$ moduluje efektywną siłę oddziaływania, co implikuje, że $\alpha_s \propto (\Phi/\Phi_0)^{1/2}$.

4.1.4 Sprzężenia Yukawy ($\mathcal{L}_{\text{Yukawa}}$)

Sprzężenia Yukawy, odpowiedzialne za masy fermionów, stają się dynamiczne, zapewniając odpowiednie skalowanie mas cząstek elementarnych:

$$\mathcal{L}_{\text{Yukawa}} = \sqrt{-g} \left[-y_{f,0} \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right)^{-3/2} (\bar{L} \phi_H R + \text{h.c.}) \right] \quad (15)$$

Jak omówiono w Sekcji 3, ta zależność prowadzi do $m_f(\Phi) \propto (\Phi_0/\Phi)^{1/2}$ dla mas fermionów.

4.2 Równania Ruchu dla Pól i Ich Sprzężenia z Φ

Dynamika pola Φ jest sprzężona ze wszystkimi polami materii Modelu Standardowego. Zmodyfikowane równanie pola dla Φ (pochodzące z wariacji całkowego działania) uwzględnia wszystkie źródła od pól materii i ich sprzężeń z Φ :

$$\square\Phi + \frac{1}{2}R + \frac{dV}{d\Phi} = J_\Phi \quad (16)$$

gdzie źródło J_Φ zawiera wkłady od wszystkich pól materii, w tym od barionów, leptonów, bozonów Higgsa i gluonów:

$$\begin{aligned} J_\Phi = & g_c T_\mu^\mu \text{ (od materii barionowej/ciemnej)} \\ & + \frac{\partial}{\partial\Phi} \left(g' \Phi (\phi_H^\dagger \phi_H) + \kappa \Phi^2 (\phi_H^\dagger \phi_H) \right) \text{ (od sprzężenia z Higgsem)} \\ & + \frac{\partial}{\partial\Phi} \left(-\frac{1}{4} G_{\mu\nu}^a G^{a\mu\nu} \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} \right) \text{ (od sprzężenia z gluonami)} \\ & + \frac{\partial}{\partial\Phi} \left(-y_{f,0} \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right)^{-3/2} (\bar{L}\phi_H R + \text{h.c.}) \right) \text{ (od sprzężeń Yukawy)} \end{aligned} \quad (17)$$

Wykonując pochodne względem Φ :

$$J_\Phi = g_c T_\mu^\mu + (g' + 2\kappa\Phi)(\phi_H^\dagger \phi_H) + \frac{1}{8} G_{\mu\nu}^a G^{a\mu\nu} \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{1/2} \frac{1}{\Phi} + \frac{3}{2} y_{f,0} \left(\frac{\Phi_0}{\Phi} \right)^{5/2} (\bar{L}\phi_H R + \text{h.c.}) \quad (18)$$

Ten złożony człon źródłowy pokazuje, jak dynamika pola generującego przestrzeń jest sprzężona z energią i polami wszystkich składników Wszechświata, tworząc samoregujący się system.

4.3 Dynamika Stałych Sprzężeń i Skale Unifikacji

Unifikacja w TGP-ST przewiduje, że wszystkie stałe sprzężeń i skale energii zależą od pola Φ . Ta dynamiczna zależność wpływa na "bieg" stałych sprzężeń i może modyfikować punkty, w których oddziaływania się unifikują.

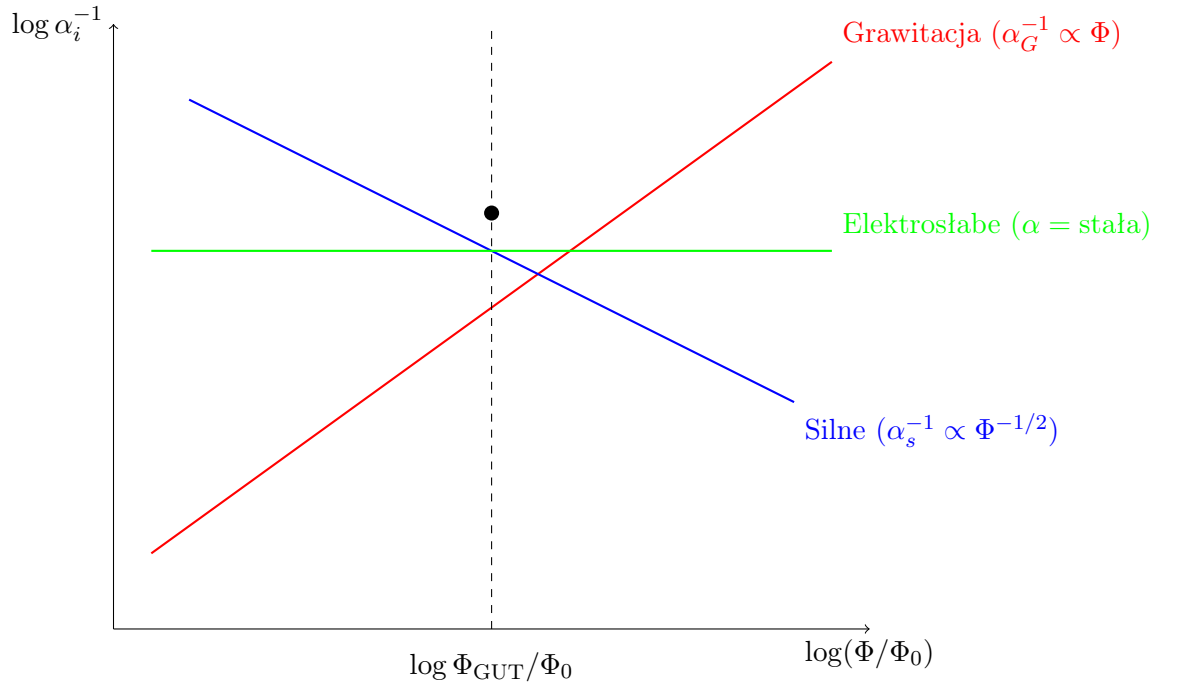
Uwagi do tabeli:

- **Stała Grawitacji ($G(\Phi)$):** W TGP-ST, $G(\Phi) = G_0 \Phi_0 / \Phi$. Oznacza to, że G maleje, gdy Φ rośnie. Jest to spójne z mechanizmem "gęstszej przestrzeni" i jej wpływu na oddziaływania.
- **Stała Fermiego ($G_F(\Phi)$):** Jest ona związana z masami bozonów W i Z , $G_F \propto 1/M_W^2$, a $M_W \propto v(\Phi)$. Ponieważ $v(\Phi) \propto \Phi$ dla dużych Φ , to $G_F(\Phi) \propto 1/\Phi^2$, czyli $G_F(\Phi) = G_{F,0}(\Phi_0/\Phi)^2$. Zatem stała Fermiego maleje, gdy Φ rośnie, co oznacza, że oddziaływania słabe stają się słabsze w gęstszej przestrzeni.

Wielkość	Zależność od Φ/Φ_0	Zachowanie w silnym Φ ($\Phi \gg \Phi_0$)
Prędkość światła (c)	$(\Phi_0/\Phi)^{1/2}$	Maleje ($c \rightarrow 0$)
Stała Plancka (\hbar)	$(\Phi_0/\Phi)^{1/2}$	Maleje ($\hbar \rightarrow 0$)
Stała grawitacji (G)	Φ_0/Φ	Maleje ($G \rightarrow 0$)
Ładunek elementarny (e)	$(\Phi_0/\Phi)^{1/2}$	Maleje ($e \rightarrow 0$)
Masa leptonu (m_e)	$(\Phi_0/\Phi)^{1/2}$	Maleje
Masa protonu (m_p)	$(\Phi_0/\Phi)^{1/4}$	Maleje wolniej
Stała struktury subtelnej (α)	Stała (1)	Stała
Stała sprzężenia silnego (α_s)	$(\Phi/\Phi_0)^{1/2}$	Rośnie
Stała Fermiego (G_F)	$(\Phi_0/\Phi)^2$	Maleje ($G_F \rightarrow 0$)
Skala QCD (Λ_{QCD})	$(\Phi_0/\Phi)^{1/4}$	Maleje

Tabela 1: Podsumowanie dynamicznych zależności kluczowych stałych i parametrów w TGP-ST.

Konsekwencją dynamicznych stałych sprzężeń jest to, że punkty unifikacji, takie jak Wielka Teoria Unifikacji (GUT), mogą zależeć od wartości Φ .



Wykres ilustruje, jak wartości odwrotności stałych sprzężeń (α_i^{-1}) zmieniają się w zależności od $\log(\Phi/\Phi_0)$. Punkty, w których krzywe się przecinają, wskazują na skale unifikacji, które w TGP-ST są dynamicznie zależne od pola Φ .

5 Konsekwencje Fizyczne Unifikacji

Kompleksowa unifikacja oddziaływań fundamentalnych w ramach Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST) prowadzi do szeregu głębokich konsekwencji fizycznych, które mają znaczący wpływ na rozumienie ewolucji Wszechświata oraz właściwości materii w ekstremalnych warunkach. Dynamiczna natura stałych fundamentalnych i mas cząstek elementarnych redefiniuje wiele aspektów standardowej kosmologii i fizyki cząstek.

5.1 Kosmologiczne Skutki Dynamicznych Stałych i Mas

5.1.1 Nukleosynteza Wielkiego Wybuchu (BBN)

Nukleosynteza Wielkiego Wybuchu (BBN) to proces formowania się jąder lekkich pierwiastków (wodoru, helu, litu) w pierwszych minutach po Wielkim Wybuchu. Ten proces jest niezwykle czuły na wartości fundamentalnych stałych i mas cząstek. W TGP-ST, parametry te były radykalnie różne od obecnych wartości (Sekcja 2 i Sekcja 3).

- **Zmienne masy cząstek:** We wczesnym Wszechświecie ($\Phi \gg \Phi_0$), masy leptonów ($m_e \propto (\Phi_0/\Phi)^{1/2}$) i hadronów ($m_p \propto (\Phi_0/\Phi)^{1/4}$) były znacznie niższe niż obecnie. To ma kluczowe znaczenie dla progów energetycznych reakcji jądrowych i stabilności nukleonów.
- **Zmienna skala QCD (Λ_{QCD}):** Skala $\Lambda_{\text{QCD}} \propto (\Phi_0/\Phi)^{1/4}$ również była niższa, co wpływa na masę protonu i neutronu oraz na ich różnicę mas.
- **Zmienna stała Fermiego (G_F):** $G_F \propto (\Phi_0/\Phi)^2$, co oznacza, że oddziaływania słabe były znacznie słabsze we wczesnym Wszechświecie. Oddziaływania słabe determinują szybkość konwersji neutronów w protony, co jest krytyczne dla finalnego stosunku liczby protonów do neutronów i ostatecznej obfitości helu.

Wszystkie te czynniki modyfikują tempo i równowagę reakcji BBN, prowadząc do przewidywanych zmian w końcowych obfitościach lekkich pierwiastków (np. stosunku D/H, He^4 , Li^7), które mogą być porównane z obserwacjami.

5.1.2 Pochodzenie Masy i Efektywność Energetyczna Wielkiego Wybuchu

TGP-ST oferuje fundamentalnie nowe spojrzenie na pochodzenie masy i jej związek z energią. Masa bezwładna cząstki jest interpretowana jako opór stawiany przez generowaną przez nią samą przestrzeń (Sekcja ??). To redefiniuje równanie Einsteina $E = mc^2$ do dynamicznej formy $E = mc(\Phi)^2$. W warunkach Wielkiego Wybuchu, gdzie pole Φ dążyło do nieskończoności, a

prędkość światła $c(\Phi)$ była skrajnie bliska zeru, oznacza to, że **do wytworzenia ogromnej ilości masy obserwowanego Wszechświata wystarczyła by jedynie minimalna, skończona ilość energii początkowej**. Materia Wszechświata nie musiała startować z niewyobrażalnie wielkiej puli energii w standardowym sensie; zamiast tego, masa mogła powstać z niezwykłą efektywnością konwersji energii w masę w warunkach ekstremalnego zagęszczenia przestrzeni. Ten mechanizm wyjaśnia także, dlaczego obiekt nigdy nie osiągnie lokalnej prędkości światła: w miarę przyspieszania, rosnąca energia obiektu generuje więcej przestrzeni, co lokalnie obniża $c(\Phi)$, tworząc dynamiczny "opór" dla dalszego wzrostu prędkości.

5.1.3 Wpływ na Inflację Kosmiczną

Scenariusz wczesnego Wszechświata z ekstremalnie wysokim Φ i dynamicznymi stałymi może naturalnie prowadzić do fazy inflacji kosmicznej. Gwałtowny spadek pola Φ po inicjującej fluktuacji (która zainicjowała TGP-ST, tworząc minimalne Φ w stanie nierównowagi) mógłby napędzać szybką, wykładniczą ekspansję. W tym scenariuszu, $c(\Phi)$ rosnące od niemal zera pozwalałoby na efektywne rozwiązanie problemu horyzontu i płaskości Wszechświata, bez potrzeby wprowadzania odrębnego pola inflatonowego.

5.2 Właściwości Materii w Ekstremalnych Warunkach

5.2.1 Gwiazdy Neutronowe i Materia Jądrowa

Wnętrza gwiazd neutronowych charakteryzują się ekstremalnymi gęstościami i polami grawitacyjnymi, co oznacza bardzo wysokie wartości Φ . Zmienne masy cząstek (m_e, m_p) oraz zmienna siła oddziaływań (α_s, G_F) w tych warunkach prowadzą do modyfikacji równania stanu materii jądrowej. To może skutkować przewidywaniami dotyczącymi:

- **Masy-promienia gwiazd neutronowych:** Odchylenia od standardowych krzywych masy-promienia.
- **Fazy materii egzotycznej:** Zmiana progów dla przejść fazowych materii jądrowej (np. pojawienia się materii kwarkowej) z powodu dynamicznych mas kwarków.
- **Chłodzenie gwiazd neutronowych:** Zmiany w szybkości procesów chłodzenia, takich jak produkcja neutrin, z powodu zmiennych mas cząstek i stałej Fermiego.

5.2.2 Czarne Dziury

W TGP-ST czarne dziury nie posiadają osobliwości, a $c(\Phi)$ dąży do zera na horyzoncie zdarzeń (Sekcja 5, z wcześniejszej pracy [1]). Ten nowy obraz ma konsekwencje dla ich właściwości:

- **Los informacji:** Brak osobliwości i klasyczne zachowanie materii w centrum czarnej dziury (gdzie $\hbar(\Phi) \rightarrow 0$) sugeruje, że informacja, która wpada, może być zachowana w ekstremalnie skompresowanej materii, a nie utracona w nieskończoności. To potencjalnie rozwiązuje paradoks informacyjny czarnych dziur.
- **Promieniowanie Hawkinga:** Procesy kwantowej kreacji par, które prowadzą do promieniowania Hawkinga, zależą od \hbar . Jeśli $\hbar(\Phi)$ maleje w pobliżu horyzontu, to efektywność promieniowania Hawkinga może być stłumiona lub zmodyfikowana.

5.2.3 Przesunięcia Widmowe w Silnych Polach Grawitacyjnych

Zmienność mas cząstek i ładunku elementarnego w funkcji Φ prowadzi do specyficznych przesunięć linii widmowych emitowanych przez materię w silnych polach grawitacyjnych (np. w pobliżu gwiazd neutronowych lub w centrach aktywnych galaktyk). Modyfikacje te mogą być obserwowane w zakresie rentgenowskim lub optycznym.

6 Testowalne Przewidywania

Teoria Generowanej Przestrzeni (TGP-ST), ze swoimi unikalnymi założeniami o dynamicznej naturze czasoprzestrzeni i zmienności fundamentalnych stałych oraz mas cząstek elementarnych, generuje szereg testowalnych przewidywań, które różnią się od przewidywań Modelu Standardowego i Ogólnej Teorii Względności. Weryfikacja tych przewidywań jest kluczowa dla potwierdzenia słuszności TGP-ST.

6.1 Anomalie w Układach Kwantowych i Zmienność $\hbar(\Phi)$

Zgodnie z TGP-ST, efektywna stała Plancka $\hbar(\Phi)$ jest zmienna i zależy od lokalnej "gęstości" generowanej przestrzeni. To prowadzi do następujących testowalnych konsekwencji:

- **Modyfikacje zasady nieoznaczoności:** Zasada nieoznaczoności Heisenberga, $\Delta x \Delta p \geq \hbar(\Phi)/2$, będzie zależała od lokalnej wartości pola Φ . W obszarach o wyższym Φ (np. w pobliżu dużych mas), $\hbar(\Phi)$ będzie mniejsze, co sugeruje, że niepewności kwantowe mogą być lokalnie zmniejszone. Eksperymenty precyzyjne, mierzące fluktuacje kwantowe w kontrolowanych środowiskach z gradientem pola grawitacyjnego (a tym samym gradientem Φ), mogłyby wykazać te anomalie.
- **Zależność efektów tunelowych od geometrii:** Prawdopodobieństwo tunelowania kwantowego będzie zależne od lokalnej wartości pola

Φ i jego fluktuacji. W regionach o wysokim Φ (gdzie $\hbar(\Phi)$ jest mniejsze), prawdopodobieństwo tunelowania mogłoby być niższe, co stanowiłoby mierzalną modyfikację. Testy te mogłyby być przeprowadzane z wykorzystaniem tunelowania elektronów lub kondensatów Bosego-Einsteina.

6.2 Testy Astrofizyczne Stałych Fundamentalnych i Mas Cząstek

Wielkoskalowe konsekwencje TGP-ST oferują szereg przewidywań, które mogą być testowane za pomocą obserwacji astronomicznych:

- **Stała struktury subtelnej (α):** TGP-ST przewiduje, że $\alpha(\Phi)$ jest **dokładnie stała** (Sekcja 2). Oznacza to, że precyzyjne porównania widm absorpcyjnych z odległych kwazarów z pomiarami laboratoryjnymi (takie jak te przeprowadzone przez Webba et al. [2]), powinny **nie wykazać żadnych statystycznie istotnych odchyleń od α_0** . Jest to kluczowe i pozytywne potwierdzenie spójności teorii z obecnymi, ścisłymi ograniczeniami obserwacyjnymi.
- **Zmienne stosunki mas cząstek (m_e/m_p):** Stosunek mas elektronu do protonu (m_e/m_p) jest zmienny w TGP-ST, skalując się jako $(\Phi_0/\Phi)^{1/4}$ (Sekcja 3). Oznacza to, że w silnych polach grawitacyjnych (np. atmosfery gwiazd neutronowych, gdzie $\Phi \gg \Phi_0$) lub we wczesnym Wszechświecie, stosunek ten będzie się różnił od wartości ziemskiej. Obserwacje astrofizyczne (np. precyzyjna spektroskopia linii wodoru molekularnego w odległych galaktykach, lub widm rentgenowskich z gwiazd neutronowych) mogą wykazać subtelne przesunięcia linii, których nie da się wytłumaczyć efektem Dopplera czy przesunięciem grawitacyjnym w OTW.
- **Modyfikacje w tempie ekspansji Wszechświata:** Zmienna prędkość światła $c(\Phi)$ i dynamiczne stałe grawitacji $G(\Phi)$ mają bezpośredni wpływ na równania Friedmanna i dynamikę kosmologiczną. TGP-ST może potencjalnie **wyjaśnić napięcie Hubble’a**, przewidując, że pomiary H_0 z różnych epok lub skal mogą dawać różne wyniki, wynikające z odmiennych średnich wartości Φ i $c(\Phi)$ w tych epokach/regionach. Dokładne modelowanie ewolucji $H(z)$ w TGP-ST będzie kluczowe dla porównania z danymi obserwacyjnymi [4, 3].
- **Obfitości pierwiastków z BBN:** Jak omówiono w Sekcji 5, dynamiczne masy cząstek, $\Lambda_{\text{QCD}}(\Phi)$ i $G_F(\Phi)$ we wczesnym Wszechświecie radykalnie wpływają na procesy nukleosyntezy. TGP-ST przewiduje **modyfikacje w obserwowanych obfitościach lekkich pierwiastków** (np. stosunku D/H, He^4 , Li^7) w porównaniu do standardowych

przewidywać BBN. Precyzyjne obserwacje tych stosunków mogą stanowić silny test teorii.

- **Właściwości czarnych dziur i obiektów kompaktowych:** W TGP-ST czarne dziury nie posiadają osobliwości, a $c(\Phi)$ dąży do zera na horyzoncie zdarzeń. Może to prowadzić do subtelnych modyfikacji w sygnaturach fal grawitacyjnych z łączenia się czarnych dziur (np. w fazie "ringdown"), które mogłyby zawierać sygnatury pola Φ . Ponadto, ekstremalne warunki w pobliżu gwiazd neutronowych i aktywnych jąder galaktyk mogą prowadzić do obserwowalnych odchyień od przewidywań OTW.
- **Dodatkowe polaryzacje fal grawitacyjnych:** Jako teoria skalarno-tensorowa, TGP-ST może przewidywać obecność **dodatkowych polaryzacji fal grawitacyjnych** (np. polaryzacji skalarnej), które nie występują w OTW. Przyszłe detektory fal grawitacyjnych, takie jak LISA, mogą być w stanie wykryć takie sygnatury.

6.3 Potencjalne Eksperymenty Laboratoryjne

Chociaż TGP-ST dotyczy fundamentalnych sił, niektóre z jej konsekwencji mogą być potencjalnie testowalne w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych:

- **Testy efektu Starka i Zeemana w zmiennym Φ :** Dynamika ładunku elementarnego $e(\Phi)$ oraz mas cząstek ($m_e(\Phi)$) wpływa na siłę oddziaływań atomowych w polach elektrycznych i magnetycznych. Efekty Starka i Zeemana zależą od parametrów, które w TGP-ST są zmienne. Chociaż lokalne zmiany Φ w laboratorium są trudne do uzyskania, ekstremalnie precyzyjne eksperymenty mogłyby poszukiwać śladów tych zmian (np. tłumienie efektu Starka w warunkach wysokiej gęstości materii, jeśli takie warunki laboratoryjne mogłyby stworzyć znaczący gradient Φ).
- **Testy zasady równoważności:** Ze względu na sprzężenie pola Φ z materią, mogą pojawić się subtelne naruszenia zasady równoważności (EP), które mogłyby być wykryte przez eksperymenty takie jak Eötvös czy MICROSCOPE, poszukujące różnic w swobodnym spadku różnych substancji.

Weryfikacja tych przewidywań stanowi długoterminowy cel badań, wymagający zarówno rozwoju precyzyjnych technik pomiarowych, jak i dalszego dopracowania teoretycznego TGP-ST.

7 Dyskusja i Otwarte Problemy

Niniejsza praca przedstawia rozszerzony zarys Teorii Generowanej Przestrzeni (TGP-ST) jako potencjalnego, spójnego kierunku w poszukiwaniach unifikacji grawitacji i mechaniki kwantowej oraz wszystkich fundamentalnych oddziaływań. Autor ma pełną świadomość, że zaprezentowana teoria, w swojej obecnej formie, **nie odpowiada na wszystkie pytania**; co więcej, samo jej sformułowanie często generuje **więcej nowych pytań niż dostarcza gotowych odpowiedzi**. Celem niniejszego preprintu nie jest przedstawienie ostatecznej, w pełni udowodnionej i zamkniętej teorii, lecz **zaprezentowanie fundamentalnej idei, że spojrzenie na przestrzeń jako byt generowany przez masę ma głęboki sens fizyczny i jest warte dalszej weryfikacji oraz intensywnego rozwoju naukowego**. Traktuję tę pracę jako zaproszenie do dyskusji i współpracy, która ma na celu zgłębienie konsekwencji TGP-ST.

Jak każda nowa teoria fundamentalna, TGP-ST wiąże się z szeregiem wyzwań, które wymagają dalszych dogłębnych badań i rozwoju. Poniżej przedstawiamy kluczowe z nich.

7.1 Rola Pola Higgsa w TGP-ST

Jedną z najbardziej znaczących i wymagających dogłębnej analizy implikacji TGP-ST jest jej nowe wyjaśnienie pochodzenia masy bezwładnej, które jest interpretowane jako "opór" stawiany przez generowaną przestrzeń. Ta koncepcja potencjalnie **redefiniuje lub nawet eliminuje potrzebę istnienia pola Higgsa** w standardowym Modelu Standardowym jako jedyne źródło mas cząstek elementarnych. W świetle TGP-ST, rola pola Higgsa (lub kwantu pola Higgsa - bozonu Higgsa) wymaga fundamentalnej reinterpretacji:

- Może to oznaczać, że pole Higgsa jest **całkowicie zbędne**, a obserwowane zjawiska przypisywane oddziaływaniom z nim (np. sprzężenia Yukawy) są w rzeczywistości bezpośrednimi manifestacjami oddziaływań z polem Φ i jego VEV. W tym scenariuszu, bozon Higgsa o masie 125 GeV byłby albo inną cząstką, albo wzbudzeniem samego pola Φ . Jest to radykalne, ale bardzo eleganckie rozwiązanie, które wymagałoby szczegółowej analizy zgodności z każdym eksperymentem LHC.
- Alternatywnie, pole Higgsa może być **emergentnym polem**, które wyłania się z dynamiki pola Φ w pewnych reżimach energetycznych. W tym przypadku, bozon Higgsa byłby złożoną strukturą lub wzbudzeniem pochodzącym z pola Φ .
- Inną możliwością jest, że pole Higgsa nadal istnieje, ale jego **rola jest modyfikowana**. Mogłoby ono kontrolować skalę mas cząstek, które już posiadają "bazową" masę pochodzącą z TGP-ST.

Zbadanie, jak TGP-ST integruje się z oddziaływaniami elektroslabymi i chromodynamiką kwantową w kontekście pochodzenia masy, jest kluczowym kierunkiem dalszych badań.

7.2 Kowariancja Lorentza i Koncepcja Prędkości Światła

W TGP-ST, prędkość światła $c(\Phi)$ jest dynamicznym polem zależnym od lokalnej "gęstości" generowanej przestrzeni. Ta zmienność implikuje modyfikację fundamentalnej zasady **niezmienniczości Lorentza**, która jest kamieniem węgielnym Szczególnej Teorii Względności (STW) i, pośrednio, Ogólnej Teorii Względności. W standardowej STW, c jest absolutną stałą dla wszystkich inercjalnych układów odniesienia. W TGP-ST, $c(\Phi)$ jest nadal lokalną maksymalną prędkością propagacji informacji, ale jej wartość *numeryczna* może się zmieniać w przestrzeni i czasie. Wymaga to uogólnienia transformacji Lorentza, które będą zależały od pola Φ . Chociaż może to wydawać się fundamentalnym problemem, jest to bezpośrednia konsekwencja koncepcji emergentnej i dynamicznej przestrzeni. Wyzwaniem jest opracowanie pełnego, kowariantnego formalizmu, który będzie opisywał dynamikę pól w czasoprzestrzeni ze zmienną lokalnie prędkością światła, zachowując jednocześnie zasadę przyczynowości.

7.3 Zachowanie Energii i Pędu

Zmienność prędkości światła $c(\Phi)$ i stałej grawitacji $G(\Phi)$ w TGP-ST ma bezpośrednie implikacje dla **zasad zachowania energii i pędu**. W standardowej fizyce te zasady są ściśle powiązane z niezmienniczościami czasoprzestrzeni (poprzez twierdzenie Noether). Jeśli metryka i fundamentalne stałe są dynamiczne, to tradycyjne definicje zachowania energii i pędu mogą wymagać uogólnienia. Energia układu może nie być zachowana w sposób globalny dla samej materii, jeśli pole Φ ewoluuje (np. $dE/dt = -E/(2\Phi)d\Phi/dt$). W TGP-ST oznacza to, że energia **jest wymieniana z "tkanką" samej generowanej przestrzeni**, opisywanej przez pole Φ . TGP-ST naturalnie wpisuje się w koncepcję **Wszechświata o Zerowej Energii**, gdzie całkowita energia Wszechświata (materii plus pola Φ i jego potencjału) mogłaby być równa zeru, co pozwala na powstanie Wszechświata "z niczego" bez naruszania zasad zachowania energii. Jednakże, wymaga to precyzyjnego zdefiniowania uogólnionych, zachowanych wielkości.

7.4 Renormalizacja UV i Kwantyzacja Grawitacji

Podobnie jak wiele innych teorii grawitacji, TGP-ST w obecnej klasycznej formulacji (i przy próbach perturbacyjnej kwantyzacji) najprawdopodobniej jest **nierenormalizowalna w ultrafioletowym (UV) reżimie**. Oznacza to, że proste metody obliczeń perturbacyjnych prowadzą do nieskończoności, których nie da się usunąć skończoną liczbą redefinicji stałych. TGP-ST

będzie wymagała zastosowania podejść nieperturbacyjnych do kwantyzacji grawitacji. Potencjalnymi kierunkami mogą być:

- **Asymptotyczne bezpieczeństwo:** Hipoteza, że teoria staje się dobrze zachowująca się przy bardzo wysokich energiach, osiągając stabilny punkt stały dla swoich stałych sprzężenia.
- **Emergentna grawitacja kwantowa:** Rozwój, w którym kwantowa grawitacja i przestrzeń wyłaniają się z jeszcze bardziej fundamentalnych stopni swobody, z których TGP-ST byłaby efektywną teorią.

To jest wyzwanie wspólne dla większości podejść do grawitacji kwantowej i nie jest unikalne dla TGP-ST.

7.5 Dokładne Rozwiązania Równań Pola

Obecnie, pełne analityczne rozwiązania sprzężonych równań Einsteina-TGP, równania dla pola Φ oraz równań pól Modelu Standardowego (z uwzględnieniem wszystkich sprzężeń z Φ) są znane tylko dla bardzo prostych geometrii. W pełni realistyczne scenariusze (np. ewolucja Wszechświata, procesy astrofizyczne, formowanie się struktur) będą wymagały **złożonych rozwiązań numerycznych**. Precyzyjne przewidywania dla obserwacji, szczególnie w kontekście napięcia Hubble’a czy szczegółów nukleosyntezy, wymagają dokładnego modelowania propagacji światła i ewolucji pola Φ w dynamicznej czasoprzestrzeni TGP-ST.

7.6 Dalsze Kierunki Badań

Przyszłe badania nad TGP-ST powinny koncentrować się na:

- Rozwinięciu pełnego kwantowego formalizmu teorii, w tym kwantyzacji pola Φ i jego sprzężeń z polami Modelu Standardowego.
- Dokładnej analizie stabilności i spójności teorii w różnych reżimach energetycznych, zwłaszcza w kontekście ewolucji VEV pola Higgsa.
- Opracowaniu bardziej szczegółowych przewidywań astrofizycznych i laboratoryjnych, które można by porównać z danymi obserwacyjnymi (np. wpływ zmiennych mas na widma gwiazd neutronowych, precyzyjne testy atomowe).
- Zbadaniu, czy TGP-ST może naturalnie włączyć ciemną materię jako efekt modyfikacji grawitacji (a nie nowej cząstki).
- Analizie wpływu zmiennych stałych na tworzenie się struktur wielkoskalowych we Wszechświecie.

Mimo tych wyzwań, TGP-ST oferuje unikalne i potężne ramy do ponownego przemyślenia fundamentalnych aspektów fizyki, wskazując na obiecującą drogę do unifikacji.

Literatura

- [1] M. Serafin, "Teoria Generowanej Przestrzeni: W kierunku Unifikacji Grawitacji i Mechaniki Kwantowej," *viXra*:2505.0171 (2025).
- [2] J. K. Webb et al., "Further evidence for cosmological evolution of the fine structure constant," *Phys. Rev. Lett.* **107**, 191101 (2011) [[arXiv:1008.3907](#)].
- [3] A. G. Riess et al., "Large Magellanic Cloud Cepheid Standards Provide a 1.9
- [4] Planck Collaboration, "Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters," *Astron. Astrophys.* **641**, A6 (2020) [[arXiv:1807.06209](#)].
- [5] S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields, Vol. 1: Foundations*, Cambridge University Press (1995).
- [6] D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, Pearson Prentice Hall (2005).
- [7] S. M. Carroll, *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, Cambridge University Press (2004).
- [8] M. E. Peskin, D. V. Schroeder, *An Introduction To Quantum Field Theory*, Westview Press (1995).
- [9] E. W. Kolb, M. S. Turner, *The Early Universe*, Westview Press (1990).
- [10] V. Mukhanov, *Physical Foundations of Cosmology*, Cambridge University Press (2005).
- [11] P. W. Higgs, "Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons," *Phys. Rev. Lett.* **13**(16), 508-509 (1964).
- [12] F. Englert, R. Brout, "Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons," *Phys. Rev. Lett.* **13**(9), 321-323 (1964).
- [13] G. S. Guralnik, C. R. Hagen, T. W. B. Kibble, "Global Conservation Laws and Massless Particles," *Phys. Rev. Lett.* **13**(20), 585-587 (1964).
- [14] G. Aad et al. (ATLAS Collaboration), "Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC," *Phys. Lett. B* **716**(1), 1-29 (2012) [[arXiv:1207.7214](#)].
- [15] S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration), "Observation of a new boson with mass near 125 GeV in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV," *Phys. Lett. B* **716**(1), 30-61 (2012) [[arXiv:1207.7235](#)].

- [16] A. D. Sakharov, "Vacuum Quantum Fluctuations in Curved Space and the Theory of Gravitation," *Dokl. Akad. Nauk SSSR* **177**, 70-71 (1967) [Sov. Phys. Dokl. **12**, 1040-1041 (1968)]. (Wprowadza ideę emergentnej grawitacji)
- [17] E. P. Verlinde, "On the Origin of Gravity and the Laws of Newton," *JHEP* **1104**, 029 (2011) [[arXiv:1001.0785](#)]. (Nowsze podejście do emergentnej grawitacji)
- [18] M. Milgrom, "A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis," *Astrophys. J.* **270**, 365-370 (1983).
- [19] C. Rovelli, *Quantum Gravity*, Cambridge University Press (2004). (Dla Pętlowej Grawitacji Kwantowej)
- [20] J. Polchinski, *String Theory Vol. 1: An Introduction to the Bosonic String*, Cambridge University Press (1998). (Dla Teorii Strun)